

Bremsbetätigungseinheit zur Betätigung einer  
Kraftfahrzeugbremsanlage

Die Erfindung betrifft eine Bremsbetätigungseinheit zur Betätigung einer Kraftfahrzeugbremsanlage vom Typ „Brake-by-wire“, die aus

a) einem sowohl mittels eines Bremspedals als auch mittels einer elektronischen Steuereinheit fahrerwunschabhängig betätigbaren Bremskraftverstärker, wobei Mittel zur Entkopplung einer kraftübertragenden Verbindung zwischen dem Bremspedal und dem Bremskraftverstärker in der Betriebsart „Brake-by-wire“ vorgesehen sind,

b) einem dem Bremskraftverstärker nachgeschalteten Hauptbremszylinder,

c) Mitteln zum Erfassen eines Fahrerverzögerungswunsches, sowie

d) einem mit dem Bremspedal zusammenwirkenden Pedalwegsimulator besteht, durch den in der Betriebsart „Brake-by-wire“ eine auf das Bremspedal wirkende Rückstellkraft unabhängig von einer Betätigung des Bremskraftverstärkers simulierbar ist und der in der Betriebsart „Brake-by-wire“ bei der Entkopplung der kraftübertragenden Verbindung zwischen dem Bremspedal und dem Bremskraftverstärker zuschaltbar und außerhalb der Betriebsart „Brake-by-wire“ abschaltbar ist.

Eine derartige Betätigungseinheit ist aus der DE 197 50 977 A1 bekannt. Der Pedalwegsimulator wirkt bei der vorbekannten Bremsbetätigungseinheit mit einem durch das Bremspedal

betätigbaren zweiteiligen Kolben zusammen, dessen Kolbenteile voneinander getrennt sind, so dass in der Betriebsart „Brake-by-wire“ deren mechanische Entkopplung realisierbar ist. Auf dem dem Bremspedal zugeordneten ersten Kolbenteil ist ein mit einer Schräge versehenes Bauteil verschiebbar angeordnet, das mit einem weiteren Bauteil in Eingriff bringbar ist, an dem sich eine Simulatorfeder abstützt. Der zweite Kolbenteil steht in kraftübertragender Verbindung mit einer beweglichen Wand des Bremskraftverstärkers. Das Zuschalten des Pedalwegsensors erfolgt durch den Eingriff des mit der Schräge versehenen Bauteiles mit dem weiteren Bauteil, der der Abstützung der Simulatorfeder dient. In Notfallsituationen, beispielsweise bei einem Stromausfall, wird eine mechanische Verbindung der beiden Kolbenteile hergestellt, wodurch ein Abschalten des Pedalwegsensors erfolgt.

Als nachteilig wird jedoch bei der vorbekannten Betätigungseinheit empfunden, dass bei hohen Bremspedalantrittsgeschwindigkeiten keine Kraftübertragung zwischen dem ersten Kolbenteil und dem mit der Schräge versehenen Bauteil stattfindet, so dass der Pedalwegsensor nicht zugeschaltet wird. Außerdem erfolgt bei einem Wechsel von „high- $\mu$ “ auf „low- $\mu$ “ ein Entkoppeln des Pedalwegsensors und ein Ankoppeln des Bremskraftverstärkers an das Bremspedal, so dass am Bremspedal Kraftsprünge spürbar sind.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Bremsbetätigungsart der eingangs genannten Gattung vorzuschlagen, bei der ein sicheres Zuschalten des Pedalwegsensors bei hohen Bremspedalantrittsgeschwindigkeiten gewährleistet ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die in den unabhängigen Patentansprüchen 1, 13 und 38 aufgeführten

Merkmale gelöst. Dabei sind die elektromechanischen sowie die elektrohydraulischen Mittel durch die elektronische Steuereinheit ansteuerbar, während die pneumatischen Mittel durch eine im Fahrzeug vorgesehene Unterdruckquelle betätigbar sind.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der im Patentanspruch 1 oder 2 vorgeschlagenen Lösung weist der Pedalwegsimulator eine bewegliche Simulatoreinheit auf, die mindestens eine Simulatorfeder aufnimmt, wobei die elektromechanischen Mittel durch eine Abstützfläche für die Simulatoreinheit sowie einen Elektromagneten gebildet sind, und wobei die Abstützfläche vom aktivierten Elektromagneten im Eingriff mit der Simulatoreinheit gehalten wird und bei inaktivem Elektromagneten eine translatorische Bewegung der Simulatoreinheit ermöglicht. Dabei die ist Abstützfläche an einem Schwenkhebel ausgebildet, der begrenzt drehbar gelagert ist.

Der Schwenkhebel ist vorzugsweise in einem Punkt gelagert, der außerhalb der Längsachse der Simulatorfeder angeordnet ist.

Bei einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der vorhin erwähnten Erfindung ist der Schwenkhebel als ein kraftübersetzender Hebel ausgebildet. Durch diese Maßnahme wird erreicht, dass nur eine geringe, vom Elektromagneten aufzubringende Haltekraft bei sehr hohen Simulatorfederkräften erforderlich ist.

Eine variable Anordnung des Pedalwegsimulators wird bei einer weiteren Ausführungsvariante des Erfindungsgegenstandes dadurch ermöglicht, dass der Pedalwegsimulator nicht im Kraftfluss zwischen dem Bremspedal und dem Bremskraftverstärker angeordnet ist.

Bei einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der im Patentanspruch 1 oder 2 vorgeschlagenen Lösung weist der Pedalwegsimulator eine bewegliche Simulatoreinheit auf, die mindestens eine Simulatorfeder aufnimmt, wobei die elektromechanischen Mittel durch eine Abstützfläche für die Simulatorfeder sowie einen mittels eines Elektromagneten betätigbares Arretierungselement bzw. Querschieber gebildet sind, und wobei die Abstützfläche in der Simulatoreinheit ausgebildet ist, die in der Betriebsart „Brake-by-wire“ vom Arretierungselement festgehalten und außerhalb der Betriebsart „Brake-by-wire“ von diesem freigegeben wird. Durch diese Maßnahme wird erreicht, dass die gesamte Betätigungskraft in der sog. Rückfallebene (außerhalb der Betriebsart „Brake-by-wire“) dem Bremssystem zur Verfügung steht.

Eine andere besonders vorteilhafte Ausführung des Erfindungsgegenstandes besteht darin, dass ein zylindrisches Bauteil vorgesehen ist, das mindestens teilweise ein Steuergehäuse des Bremskraftverstärkers, das ein pneumatisches Steuerventil enthält, den Pedalwegsimulator sowie eine den Pedalwegsimulator entgegen seiner Betätigungsrichtung vorspannende Rückstellfeder aufnimmt. Das erwähnte zylindrische Bauteil ist besonders kostengünstig herstellbar und gewährleistet eine gute Führung des Pedalwegsimulators, insbesondere bei dessen translatorischer Bewegung außerhalb der Betriebsart „Brake-by-wire“.

Eine ebenfalls kostengünstig herstellbare und sehr zuverlässig arbeitende Ausführungsvariante zeichnet sich dadurch aus, dass die Simulatorfeder als mindestens eine Blattfeder ausgebildet ist, die in einem coaxial zum Bremspedal begrenzt drehbar gelagerten Winkelhebel eingespannt ist und dass die

elektromechanischen Mittel durch einen Arm des Winkelhebels sowie ein mittels eines Elektromagneten betätigbares Arretierungselement gebildet sind, der in der Betriebsart „Brake-by-wire“ eine Bewegung des Winkelhebels verhindert. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn der Winkelhebel mit einem elastischen Dämpfungsmittel versehen ist, das als Anschlag für die Simulatorfeder dient und eine progressive Kennlinie der Simulatorfeder gewährleistet.

Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung besteht darin, dass der Pedalwegsimulator im Kraftfluss zwischen dem Bremspedal und dem Bremskraftverstärker vorzugsweise coaxial zu diesem, angeordnet ist. Durch diese Maßnahme wird ein Einfluss auf den Bremskraftverstärker dann ermöglicht, wenn bei einem vorliegenden Defekt der Pedalwegsimulator nicht abgeschaltet werden kann.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der im Patentanspruch 13 oder 14 vorgeschlagenen Lösung, bei der der Pedalwegsimulator mindestens eine Simulatorfeder aufweist, sind die elektrohydraulischen Mittel durch eine mittels eines elektromagnetisch, pneumatisch oder elektropneumatisch betätigbaren Ventils absperrbare hydraulische Zylinder-Kolbenanordnung gebildet, wobei zwischen dem Kolben der Zylinder-Kolbenanordnung und der Simulatorfeder ein Kraftübertragungsglied vorgesehen ist, an dem eine Abstützfläche für die Simulatorfeder anliegt. Durch die Verwendung der elektrohydraulischen Mittel können sehr hohe Betätigungskräfte bei einem geringen Bauraumbedarf aufgenommen werden. Die Kolben-Zylinderanordnung sowie das Kraftübertragungsglied sind vorzugsweise gegenüber der Achse des Bremskraftverstärkers radial versetzt angeordnet. Besonders sinnvoll ist eine Ausführung, bei der die Kolben-Zylinderanordnung im Motorraum des Kraftfahrzeuges angeordnet

ist. Durch die letztgenannte Maßnahme wird erreicht, dass während sich ein „trockenes“ System im Fahrzeuginnenraum befindet, die hydraulischen Komponenten vom Motorraum zugänglich und anbindbar (z. B. an einen Druckmittelvorratsbehälter) sind.

Eine andere sinnvolle Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass die Kolben-Zylinderanordnung eine Rückstellfeder aufweist, die das Kraftübertragungsglied gegen die Betätigungsrichtung des Bremspedals vorspannt. Die Rückstellfeder bringt den Pedalwegsimulator nach der Beendigung des Bremsvorgangs in seine Ausgangslage zurück.

Eine andere vorteilhafte Weiterbildung des Erfindungsgegenstandes besteht darin, dass der Bremskraftverstärker ein pneumatischer Bremskraftverstärker ist, der mindestens einen sich durch sein Verstärkergehäuse hindurch erstreckenden Kraftübertragungsbolzen aufweist, der mit einer Durchgangsbohrung versehen ist, die das Kraftübertragungsglied aufnimmt. Durch die Nutzung des ohnehin vorhandenen Kraftübertragungsbolzens zum Spritzwanddurchtritt auch für andere Zwecke ist es möglich, das Flanschbild der Spritzwand weitestgehend unverändert beizubehalten.

Die Simulatorfeder kann als mindestens eine Blattfeder oder mindestens eine Druckfeder ausgebildet sein, die zwischen dem Bremspedal und einem koaxial zum Bremspedal begrenzt drehbar gelagerten Winkelhebel eingespannt ist, der sich am Kraftübertragungsglied abstützt. Dabei kann die Simulatorfeder in der Zylinder-Kolbenanordnung angeordnet sein und sich am Kolben der Zylinder-Kolbenanordnung abstützen. Außerdem können Mittel zum Sensieren der Lage des Kolbens vorgesehen sein. Mit diesen Mitteln wird der Fahrerverzögerungswunsch erfasst. Des weiteren ist eine Abweichung der Null-Lage des Kolbens, z. B.

bei einer Leckage, sensierbar, so dass ein Warnhinweis für den Fahrzeugführer angezeigt werden kann.

Eine Optimierung des für den Einbau der erfindungsgemäßen Bremsbetätigungseinheit erforderlichen Bauraums wird dadurch erreicht, dass die Simulatorfeder von einer Simulatoreinheit aufgenommen wird, die gegenüber der Achse des Bremskraftverstärkers radial versetzt im Fahrgastraum des Fahrzeuges angeordnet ist.

Bei einer anderen Ausführung wird die Simulatorfeder von einer Simulatoreinheit aufgenommen, die im Kraftfluss zwischen dem Bremspedal und dem Bremskraftverstärker, vorzugsweise coaxial zu diesem, angeordnet ist. Durch diese Anordnung werden insbesondere Vorteile außerhalb der Betriebsart „Brake-by-wire“, beispielsweise bei einem Stromausfall, erreicht, da der Bremskraftverstärker nach einem geringen Weg über die Simulatorfeder betätigt werden kann.

Bei einer anderen Ausführungsvariante ist die Simulatoreinheit als ein hydraulischer Kolben ausgebildet und bildet in einem mindestens die Simulatoreinheit radial umgreifenden Bauteil einen absperrbaren hydraulischen Raum. Der hydraulische Raum ist an einen der Druckräume des Hauptbremszylinders oder einen dem Hauptbremszylinder zugeordneten Druckmittelvorratsbehälter, angeschlossen. Eine derartige Ausführung ist gut entlüftbar. Da geringe Leckagen durch den Druckmittelvorratsbehälter ausgeglichen werden, ist keine Lebensdauerbefüllung mit Druckmittel notwendig. Der hydraulische Raum kann alternativ an einen Niederdruckspeicher angeschlossen sein.

Eine kostengünstig herstellbare Ausführungsvariante sieht vor, dass das vorhin erwähnte Bauteil als ein mindestens teilweise

den Bremskraftverstärker radial umgreifender Adapter ausgebildet ist, der der Zufuhr der Luft zum Bremskraftverstärker aus dem Motorraum des Fahrzeuges dient. Da in einen möglicherweise ohnehin vorgesehenen Adapter lediglich nur noch die Hydraulikkomponenten integriert werden müssen, wird durch diese Maßnahme ein Kostenvorteil erreicht.

Der hydraulische Raum ist vorzugsweise mittels eines elektromagnetisch, elektropneumatisch oder pneumatisch betätigbaren Ventils absperrbar.

Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass der Pedalwegsimulator durch einen mittels des Bremspedals betätigbaren hydraulischen Geberzylinder sowie einen dem Geberzylinder nachgeschalteten hydraulischen Nehmerzylinder gebildet ist, dessen Kolben durch die Simulatorfeder vorgespannt ist, wobei der Geberzylinder über eine mittels eines Ventils absperrbare Verbindung an einen Niederdruckspeicher angeschlossen ist. Die erwähnte Druckmittelübertragung ermöglicht eine frei gestaltbare räumliche Anordnung der Kolben, wobei durch Schalten des Ventils die Rückfallebene erreicht wird. Außerdem wird dadurch eine „natürliche“ Hysterese (durch Reibung von Kolbendichtungen) erzeugt, die dem Fahrer ein „normales“ Pedalgefühl vermittelt.

Der Nehmerzylinder ist dabei vorzugsweise in einem mindestens teilweise den Bremskraftverstärker radial umgreifenden Adapter ausgebildet, der der Zufuhr der Luft zum Bremskraftverstärker aus dem Motorraum des Fahrzeuges dient. Außerdem sind Mittel zum Sensieren der Lage des Nehmerzylinderkolbens vorgesehen. Durch die letztgenannte Maßnahme kann eine eventuelle Leckage im Hydrauliksystem erkannt und damit dem Fahrzeugführer angezeigt werden. Alternativ können Mittel zum Sensieren des im



Nehmerzylinder herrschenden Druckes vorgesehen sein.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführung des Erfindungsgegenstandes wird der Pedalwegsimulator durch eine Simulatorfeder gebildet ist, die zwischen dem Bremspedal und einem begrenzt drehbar gelagerten, zweiarmigen Hebel eingespannt ist, dessen erster Arm die Abstützfläche für die Simulatorfeder bildet und dessen zweiter Arm mit einem hydraulischen Kolben einer Kolben-Zylinderanordnung zusammenwirkt, deren Druckraum über eine absperrbare hydraulische Verbindung an einen hydraulischen Niederdruckspeicher angeschlossen ist.

Der erste Arm weist vorzugsweise einen Durchbruch auf, der bei einer Betätigung des Bremskraftverstärkers außerhalb der Betriebsart „Brake-by-wire“ zumindest teilweise das Steuergehäuse des Bremskraftverstärkers umgreift. Durch diese Maßnahme ist eine Lagerung des Bremspedals in der Nähe der Spritzwand möglich. Alternativ kann der zweiarmige Hebel koaxial mit dem Bremspedal oder gegenüber dem Bremspedal versetzt gelagert sein.

Bei der vorhin erwähnten Ausführung ist es besonders sinnvoll, wenn Mittel zur Überprüfung der Beweglichkeit des Kolbens der Kolben-Zylinder-Anordnung vorgesehen sind.

Die Mittel zur Überprüfung der Beweglichkeit des Kolbens sind durch eine zugkraftübertragende Verbindung zwischen dem Bremspedal und dem Bremskraftverstärker sowie eine den Weg des Kolbens erfassende Sensoreinrichtung gebildet.

Alternativ sind die Mittel zur Überprüfung der Beweglichkeit des Kolbens durch eine Antriebseinheit, die eine vom Bremspedal

unabhängige Betätigung des Kolbens der Kolben-Zylinder-Anordnung ermöglicht, sowie eine den Weg des Kolbens erfassende Sensoreinrichtung gebildet. Die Antriebseinheit kann als eine elektromechanische oder pneumatische Antriebseinheit ausgebildet sein.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der im Patentanspruch 38 oder 39 vorgeschlagenen Lösung weist der Pedalwegsimulator eine bewegliche Simulatoreinheit auf, die mindestens eine Simulatorfeder aufnimmt, wobei die pneumatisch betätigbaren Mittel durch eine in der Simulatoreinheit ausgebildete Abstützfläche für die Simulatorfeder sowie ein mittels einer Unterdruckdose betätigbares Arretierungselement gebildet sind, das in der Betriebsart „Brake-by-wire“ die Simulatoreinheit festhält und außerhalb der Betriebsart „Brake-by-wire“ diese freigibt.

Ein mechanischer Durchgriff mit Wirkung auf den Bremskraftverstärker bei klemmendem Pedalwegsimulatorabschaltsystem wird dadurch erreicht, dass der Pedalwegsimulator im Kraftfluss zwischen dem Bremspedal und dem Bremskraftverstärker, vorzugsweise coaxial zu diesem, angeordnet ist.

Außerdem kann vorzugsweise ein zylindrisches Bauteil vorgesehen sein, das mindestens teilweise ein Steuergehäuse des Bremskraftverstärkers, das ein pneumatisches Steuerventil enthält, den Pedalwegsimulator sowie eine den Pedalwegsimulator entgegen seiner Betätigungsrichtung vorspannende Rückstellfeder aufnimmt.

Um eine genaue Dosierung der Bremskraft zu ermöglichen sieht die vorliegende Erfindung vor, dass Mittel zur Erzeugung einer Hysterese vorgesehen sind.

Die Mittel zur Erzeugung der Hysterese sind vorzugsweise durch einen mit dem Bremspedal verbundenen Kraftübertragungshebel sowie ein unter der Wirkung der Simulatorfeder am Kraftübertragungshebel anliegendes Reibglied gebildet, das mit einer Reibfläche zusammenwirkt.

Der Kraftübertragungshebel sowie das Reibglied weisen bei einer vorteilhaften Weiterbildung des Erfindungsgegenstandes schräge Anlageflächen auf, die derart ausgebildet sind, dass bei der Betätigung des Pedalwegsensors eine Kraftkomponente entsteht, die das Reibglied an die Reibfläche andrückt.

Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn das Reibglied an einem Übersetzungshebel angeordnet sind, der derart am Kraftübertragungshebel abgestützt ist, dass eine Verstärkung der bei der Betätigung des Pedalwegsensors entstehenden Kraftkomponente, die das Reibglied an die Reibfläche andrückt, erfolgt.

Außerdem sind die Mittel zum Erzeugen der Hysterese in einem Gehäuse angeordnet, das koaxial zum Bremspedal auf dessen Drehachse schwenkbar gelagert ist, wobei das Gehäuse einen Arm aufweist, der sich an den Mitteln zum Zu- sowie zum Abschalten des Pedalwegsensors abstützt.

Schließlich kann es bei vielen Anwendungen im Fahrzeug sinnvoll sein, wenn das Bremspedal verstellbar angeordnet ist.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden in der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen an mehreren Ausführungsbeispielen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsbetätigungseinheit in Teilschnittdarstellung; bei der das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators durch elektromechanische Mittel erfolgt;

Fig. 2 den bei der Bremsbetätigungseinheit nach Fig. 1 verwendeten Pedalwegsimulator in größerem Maßstab;

Fig. 3 eine zweite Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsbetätigungseinheit in einer der Fig. 1 entsprechenden Darstellung, bei der das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators durch elektromechanische Mittel erfolgt;

Fig. 4 eine dritte Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsbetätigungseinheit in einer der Fig. 1 bzw. 2 entsprechenden Darstellung, bei der das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators durch elektromechanische Mittel erfolgt;

Fig. 5 eine erste Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsbetätigungseinheit in Teilschnittdarstellung, bei der das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators durch elektrohydraulische Mittel erfolgt;

Fig. 6 eine Teildarstellung einer zweiten Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsbetätigungseinheit, bei der das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators durch elektrohydraulische Mittel erfolgt;

Fig. 7 eine dritte Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsbetätigungseinheit in Teilschnittdarstellung, bei der das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators durch elektrohydraulische Mittel erfolgt;

Fig. 8a eine vierte Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsbetätigungseinheit in Teilschnittdarstellung, bei der das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators durch elektrohydraulische Mittel erfolgt;

Fig. 8b eine Teilansicht der Bremsbetätigungseinheit gemäß Fig. 8a aus der Richtung „A“;

Fig. 9 eine fünfte Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsbetätigungseinheit in Teilschnittdarstellung, bei der das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators durch elektrohydraulische Mittel erfolgt;

Fig. 10 eine sechste Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsbetätigungseinheit in Teilschnittdarstellung, bei der das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators durch elektrohydraulische Mittel erfolgt;

Fig. 11 eine siebente Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsbetätigungseinheit in Teilschnittdarstellung, bei der das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators durch elektrohydraulische Mittel erfolgt;

Fig. 12 eine achte Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsbetätigungseinheit in Teilschnittdarstellung, bei der das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators durch elektrohydraulische Mittel erfolgt;

Fig. 13 ein Schnitt entlang der Schnittlinie A - A durch die Bremsbetätigungseinheit gemäß Fig. 12;

Fig. 14a eine neunte Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsbetätigungseinheit in Teilschnittdarstellung, bei der das

Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators durch elektrohydraulische Mittel erfolgt;

Fig. 14b eine Teilansicht der Bremsbetätigungseinheit gemäß Fig. 8a aus der Richtung „B“;

Fig. 15 und 16 eine zehnte sowie eine elfte Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsbetätigungseinheit in Teilschnittdarstellung, bei der das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators durch elektrohydraulische Mittel erfolgt;

Fig. 17 und 18 eine zwölfte sowie eine dreizehnte Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsbetätigungseinheit in Teilschnittdarstellung, bei der das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators durch elektrohydraulische Mittel erfolgt; ung

Fig. 19 eine Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsbetätigungseinheit in Teilschnittdarstellung, bei der das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators durch unterdruckbetätigte Mittel erfolgt.

Die in Fig. 1 in einer Teilschnittdarstellung gezeigte Bremsbetätigungseinheit zur Betätigung einer Kraftfahrzeugbremsanlage vom Typ „Brake-by-wire“ besteht im Wesentlichen aus einem Bremskraftverstärker, vorzugsweise einem Unterdruckbremskraftverstärker 3, einem dem Bremskraftverstärker 3 nachgeschalteten Hauptbremszylinder, vorzugsweise einem Tandemhauptzylinder 4, an dessen nicht dargestellte Druckräume nicht gezeigte Radbremsen eines Kraftfahrzeugs angeschlossen sind, einem dem Hauptbremszylinder 4 zugeordneten Druckmittelvorratsbehälter 5, einem Bremspedal 1 zur Betätigung des Bremskraftverstärkers 3 durch den Fahrer,

einem mit dem Bremspedal 1 insbesondere in der Betriebsart „Brake-by-wire“ zusammenwirkenden Pedalwegsimulator 2, der dem Fahrer das gewöhnliche Bremspedalgefühl vermittelt, mindestens einer Sensoreinrichtung 6 zur Erfassung eines Fahrerverzögerungswunsches, sowie einer elektronischen Steuereinheit 7, durch deren Ausgangssignale u. a. ein dem Bremskraftverstärker 3 zugeordneter Elektromagnet 8 ansteuerbar ist, der eine vom Fahrerwillen unabhängige Betätigung eines pneumatischen Steuerventils 9 ermöglicht, das eine Luftzufuhr zum Bremskraftverstärker 3 steuert. Ein zwischen dem Ende einer mit dem Bremspedal 1 gekoppelten Kolbenstange 10 und einem Steuerkolben 11 des vorhin genannten Steuerventils 9 vorgesehener axialer Spalt „a“ gewährleistet eine Entkopplung der kraftübertragenden Verbindung zwischen dem Bremspedal 1 und dem Bremskraftverstärker 3 in der Betriebsart „Brake-by-wire“. Der Pedalwegsimulator 2, durch den, wie bereits erwähnt, in der Betriebsart „Brake-by-wire“ eine auf das Bremspedal wirkende Rückstellkraft unabhängig von einer Betätigung des Bremskraftverstärkers 3 simulierbar ist, ist derart ausgeführt, dass er in der Betriebsart „Brake-by-wire“ bei der Entkopplung der kraftübertragenden Verbindung zwischen dem Bremspedal 1 und dem Bremskraftverstärker 3 zuschaltbar und außerhalb der Betriebsart „Brake-by-wire“ abschaltbar ist. Die Betätigung des Pedalwegsensors 2 erfolgt mittels eines am Bremspedal 1 angelenkten Betätigungsgliedes 12. Das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsensors 2 erfolgt bei der gezeigten Ausführung durch elektromechanische Mittel, die im Zusammenhang mit Fig. 2 näher erläutert werden.

Wie insbesondere Fig. 2 zu entnehmen ist, weist der Pedalwegsimulator 2 ein teilweise zylindrisches äußeres Gehäuse 13 sowie eine rohrförmige Simulatoreinheit 14 auf, die im äußeren Gehäuse 13 verschiebbar geführt ist. Das aus dem äußeren Gehäuse 13 herausragende Teil der Simulatoreinheit 14

wird von einem elastischen Faltenbalg 15 umgriffen, während zwischen dem Gehäuse 13 und der Simulatoreinheit 14 eine Rückstellfeder 16 angeordnet ist, die der Rückstellung der Simulatoreinheit 14 dient. Die rohrförmige Simulatoreinheit 14 nimmt eine erste Simulatorfeder 17, eine koaxial mit der ersten Simulatorfeder 17 angeordnete zweite Simulatorfeder 18, ein mit dem Betätigungsglied 12 in Verbindung stehendes Kraftübertragungsglied 27 sowie Mittel bzw. Bauteile 19, 20 auf, die der Erzeugung einer Hysterese durch Aufbringen von Reibkräften dienen. Die Mittel 19, 20 zur Erzeugung der Hysterese sind derart ausgebildet, dass mit steigendem Hub des Pedalwegsensors 2 zusätzlich zur Kraft der Simulatorfedern 17, 18 die genannten Reibkräfte erzeugt werden, die der am Bremspedal 1 wirkenden Betätigungskraft entgegen wirken, und bestehen aus einem im Kraftübertragungsglied 18 verschiebbar geführten, mit einer konischen Fläche versehenen zylindrischen Teil 19 sowie aus mindestens zwei Reibsegmenten 20, die mit der Innenwand der Simulatoreinheit 14 zusammenwirken und Schrägen aufweisen, die mit der konischen Fläche des zylindrischen Teiles 19 in Eingriff gebracht werden. Die beiden Simulatorfedern 17, 18 stützen sich mit einem Ende an einer die Simulatoreinheit 14 verschließenden Wand 21 ab. Das andere Ende der radial außen liegenden Simulatorfeder 17 stützt sich am vorhin erwähnten Kraftübertragungsglied 27 ab, während das andere Ende der radial innen liegenden Simulatorfeder 18 sich am zylindrischen Teil 19 abstützt und somit dieses Teil 19 entgegen der Betätigungsrichtung des Pedalwegsensors 2 vorspannt.

Wie Fig. 2 weiterhin zu entnehmen ist, liegt die die Simulatoreinheit 14 verschließende Wand 21 über eine vorzugsweise gehärtete Metallplatte 22 an einer Abstützfläche 23 an, die an einem im äußeren Gehäuse 13 begrenzt drehbar



gelagerten Schwenkhebel 24 ausgebildet ist. Der Drehpunkt P, in dem der Schwenkhebel 24 gelagert ist, ist gegenüber der Längsachse der Simulatoreinheit 14 radial versetzt angeordnet. Die vorhin erwähnte Abstützfläche 23 ist dabei vorzugsweise durch die Oberfläche eines am Schwenkhebel 24 drehbar gelagerten Ringes aus ferromagnetischem Werkstoff gebildet, der durch Aktivieren eines Elektromagneten 25 in der in der Zeichnung dargestellten Position gehalten wird. Eine am Schwenkhebel 24 wirkende Schenkelfeder 26 übt auf den Schwenkhebel 24 ein links drehendes Moment aus, das bei einem Ausfall des Elektromagneten 25 durch die am Betätigungsglied 12 eingeleitete Kraft überwunden wird, so dass der Schwenkhebel 24 in die in der Zeichnung gestrichelt angedeutete Position gebracht wird und somit der axiale Weg für die Simulatoreinheit 14 bzw. die die Simulatorfedern 17, 18 abstützende Wand 21 freigegeben und der Pedalwegsimulator 2 abgeschaltet wird. Der Schwenkhebel 24 bzw. die Abstützfläche 22 bilden zusammen mit dem Elektromagneten 25 die im Zusammenhang mit Fig. 1 erwähnten elektromechanischen Mittel. Der Pedalwegsimulator 2 befindet sich in dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel nicht im Kraftfluss zwischen dem Bremspedal 1 und dem Bremskraftverstärker 3.

Bei der in Fig. 3 dargestellten zweiten Ausführung ist der Pedalwegsimulator 2 im Kraftfluss zwischen dem Bremspedal 1 und dem Bremskraftverstärker 3 coaxial zu diesem angeordnet. Die vorhin erwähnte Simulatoreinheit, die in Fig. 3 mit dem Bezugszeichen 14' bezeichnet wird, ist dabei in einem zylindrischen Bauteil 30 verschiebbar gelagert, das an einer Spritzwand 28 des Fahrzeuges befestigt ist und das mindestens teilweise ein Steuergehäuse 29 des Bremskraftverstärkers 3 umgreift, das ein nicht näher bezeichnetes pneumatisches Steuerventil enthält. Das zylindrische Bauteil 30 nimmt außerdem die vorhin erwähnte, die Simulatoreinheit 14' entgegen

ihrer Betätigungsrichtung vorspannende Rückstellfeder 15 auf. Die elektromechanischen Mittel sind durch die Simulatoreinheit 14' sowie einen mittels eines Elektromagneten 25' betätigbares Arretierungselement bzw. einen Querschieber 31 gebildet, der in der Betriebsart „Brake-by-wire“ die Simulatoreinheit 14' fest hält und außerhalb der Betriebsart „Brake-by-wire“, beispielsweise bei einem Stromausfall, diese freigibt, so dass sie im zylindrischen Bauteil 30 verschoben werden kann und nach dem Schließen des im Zusammenhang mit Fig. 1 erwähnten Spaltes „a“ eine Kraftübertragung zwischen dem Bremspedal 1 und einem das Steuerventil des Bremskraftverstärkers 3 betätigenden Ventilkolben stattfindet.

Bei der in Fig. 4 dargestellten dritten Ausführung des Erfindungsgegenstandes wird der Pedalwegsimulator 2 im Wesentlichen durch Blattfedern 32, 33, 34 gebildet, die in einem Winkelhebel 35 eingespannt sind. Der Winkelhebel 35 ist coaxial zum Bremspedal 1 begrenzt drehbar gelagert und weist zwei Arme 36, 37 auf. Die elektromechanischen Mittel sind im gezeigten Beispiel durch den kürzeren Arm 36 des Winkelhebels 35 sowie ein mittels eines in der Zeichnung um 90° gedreht dargestellten Elektromagneten 25'' betätigbares Arretierungselement 38 gebildet, das in der Betriebsart „Brake-by-wire“ den Winkelhebel 35 blockiert und somit seine Bewegung verhindert. Der längere Arm 37 des Winkelhebels 35 ist mit einem elastischen Block 39 versehen, der einen Anschlag für die Blattfedern 32 - 34 bildet.

Wie bereits oben erwähnt wurde, zeigen die Figuren 5 bis 14 vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Betätigungseinheit, bei denen das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators 2 durch elektrohydraulische Mittel erfolgt, die im Wesentlichen durch eine mittels eines elektromagnetisch, pneumatisch oder elektropneumatisch betätigbaren Ventils

absperrbare hydraulische Zylinder-Kolbenanordnung 40 gebildet sind. Bei der in Fig. 5 gezeigten ersten Ausführung dieser Art dient als Pedalwegsimulator 2 eine Blattfeder 41, die einerseits am Bremspedal 1 und andererseits an einem koaxial zum Bremspedal 1 gelagerten Winkelhebel 42 befestigt ist. Zwischen einem Kolben 43 der Zylinder-Kolbenanordnung 40 und dem Winkelhebel 42 ist ein Kraftübertragungsglied 44 vorgesehen, das sich durch den Bremskraftverstärker 3 hindurch erstreckt.

Wie der Zeichnung zu entnehmen ist, ist der Bremskraftverstärker 3 ein pneumatischer Unterdruckbremskraftverstärker, der mindestens einen sich durch sein Verstärkergehäuse hindurch erstreckenden Kraftübertragungsbolzen 45 aufweist. Der Kraftübertragungsbolzen 45 weist eine Durchgangsbohrung auf, die das Kraftübertragungsglied 44 aufnimmt. Die Kolben-Zylinderanordnung 40 sowie das Kraftübertragungsglied 44 sind gegenüber der Achse des Bremskraftverstärkers 3 radial versetzt angeordnet, wobei die Kolben-Zylinderanordnung 40 im Motorraum des Kraftfahrzeuges angeordnet ist. Die im Zusammenhang mit den vorher gehenden Ausführungen erwähnte Rückstellfeder 15 ist im dargestellten Beispiel in der Kolben-Zylinderanordnung 40 angeordnet und spannt ihren Kolben 43 entgegen der Betätigungsrichtung des Bremspedals 1 vor. Der Kolben 43 begrenzt einen hydraulischen Raum 46, der an den vorhin erwähnten Druckmittelvorratsbehälter 5 angeschlossen ist. In der Verbindung zwischen dem hydraulischen Raum 46 und dem Druckmittelvorratsbehälter 5 ist ein elektromagnetisch schaltbares Ventil 47 eingefügt, das ein Absperren der genannten Verbindung ermöglicht. Ein dem Hauptbremszylinder 4 zugeordneter Drucksensor 48 dient zusätzlich zum Wegsensor 6 der Erfassung des Fahrerverzögerungswunsches.

Der Aufbau der in Fig. 6 gezeigten Ausführung entspricht weitgehend dem der Ausführung gemäß Fig. 5. Der Pedalwegsimulator 2 wird jedoch durch zwei koaxial zueinander angeordnete Druckfedern 49, 50 gebildet, die in der oben erwähnten Kolben-Zylinderanordnung 40 integriert sind. Ein mit dem Bezugszeichen 51 bezeichneter Wegsensor 52 dient der Erfassung der Simulatorbewegung.

Bei der in Fig. 7 dargestellten Ausführung ist der Pedalwegsimulator durch koaxial zueinander angeordnete Spiral- bzw. Druckfedern 52, 53 gebildet, die zwischen dem Bremspedal 1 und dem im Zusammenhang mit der Ausführung gemäß Fig. 5 erwähnten Winkelhebel 42 eingespannt sind, der sich am Kraftübertragungsglied 44 abstützt.

Bei dem in Fig. 8 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Simulatoreinheit 14 gegenüber der Längsachse des Bremskraftverstärkers 3 radial versetzt im Fahrgastraum des Fahrzeuges angeordnet. Dabei weist das Bremspedal 1 zwei nebeneinander angeordnete Betätigungsarme 54, 55 auf, die einzeln der Betätigung des Bremskraftverstärkers 3 sowie des Pedalwegsimulators 2 dienen. Bis auf diese Unterscheidungsmerkmale entspricht die gezeigte Ausführung der Ausführung gemäß Fig. 7.

Die in Fig. 9 gezeigte erfindungsgemäße Betätigungseinheit weist eine zylinderförmige Simulatoreinheit 56 auf, die zwei koaxial angeordnete Simulatorfedern 57, 58 aufnimmt und die im Kraftfluss zwischen dem Bremspedal 1 und dem Bremskraftverstärker 3, vorzugsweise koaxial zu diesem angeordnet ist. Die Simulatoreinheit 56 ist dabei vorzugsweise als ein hydraulischer Kolben ausgebildet und begrenzt in einem, die Simulatoreinheit 56 sowie teilweise den

Bremskraftverstärker 3 radial umgreifenden Bauteil 59 einen absperrbaren hydraulischen Raum 60. Das Bauteil 59 kann vorzugsweise als ein Adapter ausgebildet sein, der der Zufuhr der Luft zum Steuerventil des Bremskraftverstärkers 3 aus dem Motorraum des Fahrzeuges dient. Der hydraulische Raum 60 ist über eine lediglich schematisch angedeutete hydraulische Leitung 61 an einen der Druckräume des Hauptbremszylinders 4 oder den dem Hauptbremszylinder 4 zugeordneten Druckmittelvorratsbehälter 5 angeschlossen. Der Absperrung der Leitung 61 dient ein elektromagnetisch betätigbares Ventil 62, dem im dargestellten Beispiel ein Rückschlagventil 63 parallel geschaltet ist.

Der Aufbau der in den Fig. 10 und 11 gezeigten Ausführungen entspricht weitgehend dem der Ausführung gemäß Fig. 9. Der vorhin erwähnte hydraulische Raum 60 ist jedoch in einem die Simulatoreinheit 56 radial umgreifenden Gehäuse 64 ausgebildet, das einen Niederdruckspeicher 65 aufnimmt, mit dem der Raum 60 in Verbindung steht. Die Verbindung zwischen dem Raum 60 und dem Niederdruckspeicher 65 ist, wie im vorher gehenden Beispiel, mittels eines elektromagnetisch betätigbaren Ventils 66 (Fig. 10) bzw. eines elektropneumatisch oder pneumatisch betätigbaren Ventils 67 (Fig. 11) absperrrbar.

Die in Fig. 12 und 13 dargestellte Ausführungsvariante zeichnet sich dadurch aus, dass der Pedalwegsimulator durch einen mittels des Bremspedals 1 betätigbaren hydraulischen Geberzylinder 68 mit einem Geberzylinderkolben 70 sowie einen dem Geberzylinder 68 nachgeschalteten Nehmerzylinder 69 gebildet ist, dessen Nehmerzylinderkolben 71 durch eine Simulatorfeder 72 vorgespannt ist, wobei der Nehmerzylinder 69 über eine mittels eines elektromagnetisch betätigbaren Ventils 73 (Fig. 13) absperrbare Verbindung an einen Niederdruckspeicher 74 angeschlossen ist. An den Nehmerzylinder 69 ist ein

Drucksensor 76 zum Sensieren des darin herrschenden Druckes angeschlossen, während ein Wegsensor 77 dem Erfassen der Lage des Nehmerzylinderkolbens 71 dient.

Der Pedalwegsimulator ist, wie im vorhin genannten Beispiel, in einem mindestens teilweise den Bremskraftverstärker 3 radial umgreifenden Adapter 75 ausgebildet, der der Zufuhr der Luft zum Bremskraftverstärker 3 aus dem Motorraum des Fahrzeuges dient.

Bei der in Fig. 14 dargestellten vorteilhaften Ausführung ist der Pedalwegsimulator durch eine Druckfeder 78 gebildet, die zwischen dem Bremspedal 1 und einem zweiarmigen Hebel 79 eingespannt ist. Der zweiarmige Hebel 79 ist gegenüber dem Bremspedal 1 versetzt begrenzt drehbar gelagert, wobei sein erster Arm 80 eine Abstützfläche für die Druckfeder 78 bildet, während sich sein zweiter Arm 81 an einem hydraulischen Kolben 83 einer Kolben-Zylinderanordnung 82 abstützt. Der Druckraum 84 der Kolben-Zylinderanordnung 82 ist mittels einer hydraulischen Verbindung an einen hydraulischen Niederdruckspeicher 85 angeschlossen. In der hydraulischen Verbindung ist, wie bei den vorher gehenden Ausführungsbeispielen, ein elektromagnetisch betätigbares Ventil 86 eingefügt, das ein Absperren der erwähnten Verbindung ermöglicht.

Der erste Arm 80 des zweiarmigen Hebels 79, der mit einem elastischen Anschlagmittel 87 für das Bremspedal 1 versehen ist, weist einen Durchbruch 88 auf, der bei abgeschaltetem Pedalwegsimulator zumindest teilweise das Steuergehäuse des Bremskraftverstärkers 3 umgreift. Denkbar ist selbstverständlich auch eine leicht modifizierte Ausführung, bei der der zweiarmige Hebel 78 coaxial mit dem Bremspedal 1 gelagert ist.

Der Aufbau der in den Fig. 15 und 16 gezeigten Ausführungen der erfindungsgemäßen Betätigungseinheit entspricht weitgehend dem der Ausführung gemäß Fig. 14, wobei für die gleichen Teile die gleichen Bezugszeichen verwendet werden. Die erwähnten Figuren zeigen zwei Ausführungsbeispiele der vorhin erwähnten Mittel zur Erzeugung einer Hysterese.

Bei der in Fig. 15 gezeigten Anordnung ist ein mit dem Bremspedal 1 verbundener Kraftübertragungshebel 99 vorgesehen, an dem unter der Wirkung der Simulatorfeder 78 ein Reibglied 100 anliegt. Das Reibglied 100 wirkt mit einer Reibfläche 101 zusammen. Die Anlage des Reibglieds 100 am Kraftübertragungshebel 99 erfolgt mittels schräg angeordneter Anlageflächen 105, 106 derart, dass bei der Betätigung des Pedalwegsimulators 2 eine Kraftkomponente entsteht, die das Reibglied 100 gegen die Reibfläche 101 drückt. Die vorhin genannten Elemente 78, 99, 100, 101 sind vorzugsweise in einem Gehäuse 103 angeordnet, das koaxial zum Bremspedal 1 gelagert ist und einen Arm 102 aufweist, der sich an dem im Zusammenhang mit Fig. 14 erwähnten hydraulischen Kolben 83 der Kolben-Zylinder-Anordnung 82 abstützt.

Bei der in Fig. 16 dargestellten Ausführungsvariante ist das Reibglied 100 an einem Übersetzungshebel 104 angeordnet ist, der sich an zwei Stellen 107, 108 am Kraftübertragungshebel 99 derart abstützt, dass eine Verstärkung der Kraftkomponente, die das Reibglied 100 an die Reibfläche 101 andrückt, erfolgt. Der besseren Positionierung des Übersetzungshebels 104 dient eine Zugfeder 109. Das Gehäuse 103 nimmt bei der gezeigten Ausführung außer den vorhin genannten Elementen auch den Übersetzungshebel 104 sowie die Zugfeder 109 auf.

Bei den in den Fig. 17 und 18 dargestellten Ausführungsbeispielen, deren Aufbau ebenso weitgehend dem der

Ausführung gemäß Fig. 14 entspricht, sind Mittel vorgesehen, die eine Überprüfung der Beweglichkeit des hydraulischen Kolbens 83 bzw. der Funktion des Absperrventils 86 ermöglichen.

Bei der in Fig. 17 gezeigten Variante ist zwischen dem Bremskraftverstärker 3 und dem Bremspedal 1 eine schematisch angedeutete mechanische Verbindung 89 vorgesehen, die die Übertragung einer von dem Bremskraftverstärker 3 aufgebrachten Zugkraft auf das Bremspedal 1 und somit, mittels der Simulatorfeder 79 und des zweiarmigen Hebels 79, auf den Kolben 83 ermöglicht. Eine Sensoreinrichtung 95, die beispielsweise als ein Hallsensor ausgeführt sein kann, erfasst bei intaktem System die Bewegung des Kolbens 83, die jedoch nur dann möglich ist, wenn das Absperrventil 86 die hydraulische Verbindung zwischen dem Druckraum 84 und dem Niederdruckspeicher 85 freigibt.

Bei der in Fig. 18 gezeigten Variante ist dagegen eine elektromechanische Antriebseinheit 110 vorgesehen, die eine vom Bremspedal 1 unabhängige Betätigung des Kolbens 83 ermöglicht. Wie der Zeichnung zu entnehmen ist, besteht die Antriebseinheit 110 im wesentlichen aus einem Elektromotor 111, zwei Getriebestufen 112, 113 sowie einer Zahnstange 114, die mit dem Abtriebsselement der zweiten Getriebestufe 113 im Eingriff steht und bei ihrer translatorischen Bewegung eine Verschiebung des hydraulischen Kolbens 83 bewirkt. Es ist jedoch auch denkbar, zum gleichen Zweck eine nicht dargestellte pneumatische Antriebseinheit zu verwenden.

Fig. 19 zeigt schließlich eine Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Betätigungseinheit, bei der das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators 2 durch pneumatisch, vorzugsweise durch Unterdruck, betätigbare Mittel erfolgt, die durch eine im Fahrzeug vorgesehene Unterdruckquelle,



beispielsweise eine Unterdruckpumpe, betätigbar sind. Der Pedalwegsimulator 2 ist im gezeigten Beispiel als eine bewegliche Simulatoreinheit 90 ausgebildet, die im Kraftfluss zwischen dem Bremspedal 1 und dem Bremskraftverstärker 3, vorzugsweise koaxial zu diesem angeordnet ist und die zwei koaxial zueinander angeordnete Druckfedern 90, 91 aufnimmt. Die Simulatoreinheit 90 ist dabei vorzugsweise in einem zylindrischen Bauteil 93 verschiebbar geführt, das das Steuergehäuse des Bremskraftverstärkers 3, das ein pneumatisches Steuerventil enthält, sowie eine den Pedalwegsimulator 2 entgegen seiner Betätigungsrichtung vorspannende Rückstellfeder 94 aufnimmt. Die Simulatoreinheit 90 weist an ihrem aus dem zylindrischen Bauteil 93 herausragenden Ende eine axiale Verlängerung 95 mit einem radialen Kragen 96 auf, mit dem ein Arretierungselement 97 zusammenwirkt.

Das Arretierungselement 97 wird durch eine Unterdruckdose 98 derart betätigt, dass der Kragen 96 in der Betriebsart „Brake-by-wire“ vom Arretierungselement 96 festgehalten und außerhalb der Betriebsart „Brake-by-wire“, beispielsweise bei einem Ausfall der Unterdruckquelle, von diesem freigegeben wird.

Das Bremspedal kann bei allen hier erläuterten Ausführungen selbstverständlich auch verstellbar angeordnet sein.

**Patentansprüche:**

1. Bremsbetätigungseinheit zur Betätigung einer Kraftfahrzeugbremsanlage vom Typ „Brake-by-wire“, die aus
  - a) einem sowohl mittels eines Bremspedals als auch mittels einer elektronischen Steuereinheit fahrerwunschabhängig betätigbaren Bremskraftverstärker, wobei Mittel zur Entkopplung einer kraftübertragenden Verbindung zwischen dem Bremspedal und dem Bremskraftverstärker in der Betriebsart „Brake-by-wire“ vorgesehen sind,
  - b) einem dem Bremskraftverstärker nachgeschalteten Hauptbremszylinder,
  - c) Mitteln zum Erfassen eines Fahrerverzögerungswunsches, sowie
  - d) einem mit dem Bremspedal zusammenwirkenden Pedalwegsimulator besteht, durch den in der Betriebsart „Brake-by-wire“ eine auf das Bremspedal wirkende Rückstellkraft unabhängig von einer Betätigung des Bremskraftverstärkers simulierbar ist und der in der Betriebsart „Brake-by-wire“ bei der Entkopplung der kraftübertragenden Verbindung zwischen dem Bremspedal und dem Bremskraftverstärker zuschaltbar und außerhalb der Betriebsart „Brake-by-wire“ abschaltbar ist,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators (2) durch elektromechanische Mittel (22,25) erfolgt.

2. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die elektromechanischen Mittel durch die elektronische Steuereinheit (7) ansteuerbar sind.
3. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pedalwegsimulator (2) eine bewegliche Simulatoreinheit (14) aufweist, die mindestens eine Simulatorfeder (17, 18) aufnimmt, wobei die elektromechanischen Mittel durch eine Abstützfläche (22) für die Simulatoreinheit (14) sowie einen Elektromagneten (25) gebildet sind, und wobei die Abstützfläche (22) vom aktivierten Elektromagneten (25) im Eingriff mit der Simulatoreinheit (14) gehalten wird und bei inaktivem Elektromagneten (25) eine translatorische Bewegung der Simulatoreinheit (14) ermöglicht.
4. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abstützfläche (22) an einem Schwenkhebel (24) ausgebildet ist, der begrenzt drehbar gelagert ist.
5. Bremsbetätigungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwenkhebel (24) in einem Punkt (P) gelagert ist, der radial versetzt gegenüber der Längsachse der Simulatoreinheit (14) angeordnet ist.
6. Bremsbetätigungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwenkhebel als ein kraftübersetzender Hebel ausgebildet ist.

7. Bremsbetätigungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Pedalwegsimulator (2) nicht im Kraftfluss zwischen dem Bremspedal (1) und dem Bremskraftverstärker (3) angeordnet ist.
8. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Pedalwegsimulator (2) eine bewegliche Simulatoreinheit (14') aufweist, die mindestens eine Simulatorfeder (17, 18) aufnimmt, wobei die elektromechanischen Mittel durch die Simulatoreinheit (14') sowie einen mittels eines Elektromagneten (25') betätigbares Arretierungselement bzw. Querschieber (31) gebildet sind, der in der Betriebsart „Brake-by-wire“ die Steuereinheit (14') fest hält und außerhalb der Betriebsart „Brake-by-wire“ diese freigibt.
9. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein zylindrisches Bauteil (30) vorgesehen ist, das mindestens teilweise ein Steuergehäuse (29) des Bremskraftverstärkers (3), das ein pneumatisches Steuerventil enthält, die Simulatoreinheit (14') sowie eine die Simulatoreinheit (14') entgegen ihrer Betätigungsrichtung vorspannende Rückstellfeder (15') aufnimmt.
10. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Pedalwegsimulator mindestens eine Simulatorfeder aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Simulatorfeder als mindestens eine Blattfeder (32, 33, 34) ausgebildet ist, die in einem koaxial zum Bremspedal (1) begrenzt drehbar gelagerten Winkelhebel (35) eingespannt ist und dass die elektromechanischen

Mittel durch einen Arm (36) des Winkelhebels (35) sowie ein mittels eines Elektromagneten (25'') betätigbares Arretierungselement (38) gebildet sind, das in der Betriebsart „Brake-by-wire“ eine Bewegung des Winkelhebels (35) verhindert.

11. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 10 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Winkelhebel (35) mit einem elastischen Dämpfungsmittel (39) versehen ist, das als Anschlag für die Simulatorfeder (32-34) dient und eine progressive Kennlinie der Simulatorfeder gewährleistet.
12. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass der** Pedalwegsimulator (2) im Kraftfluss zwischen dem Bremspedal (1) und dem Bremskraftverstärker (3), vorzugsweise coaxial zu diesem angeordnet ist.
13. Bremsbetätigungseinheit zur Betätigung einer Kraftfahrzeugbremsanlage vom Typ „Brake-by-wire“, die aus
  - a) einem sowohl mittels eines Bremspedals als auch mittels einer elektronischen Steuereinheit fahrerwunschabhängig betätigbaren Bremskraftverstärker, wobei Mittel zur Entkopplung einer kraftübertragenden Verbindung zwischen dem Bremspedal und dem Bremskraftverstärker in der Betriebsart „Brake-by-wire“ vorgesehen sind,
  - b) einem dem Bremskraftverstärker nachgeschalteten Hauptbremszylinder,
  - c) Mitteln zum Erfassen eines Fahrerverzögerungswunsches, sowie
  - d) einem mit dem Bremspedal zusammenwirkenden

Pedalwegsimulator besteht, durch den in der Betriebsart „Brake-by-wire“ eine auf das Bremspedal wirkende Rückstellkraft unabhängig von einer Betätigung des Bremskraftverstärkers simulierbar ist und der in der Betriebsart „Brake-by-wire“ bei der Entkopplung der kraftübertragenden Verbindung zwischen dem Bremspedal und dem Bremskraftverstärker zuschaltbar und außerhalb der Betriebsart „Brake-by-wire“ abschaltbar ist,

**dadurch gekennzeichnet, dass** das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators (2) durch elektrohydraulische Mittel (40, 47) erfolgt.

14. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrohydraulischen Mittel durch die elektronische Steuereinheit (7) ansteuerbar sind.
15. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 13 oder 14, wobei der Pedalwegsimulator mindestens eine Simulatorfeder aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrohydraulischen Mittel durch eine mittels eines elektromagnetisch, pneumatisch oder elektropneumatisch betätigbaren Ventils (47) absperrbare hydraulische Zylinder-Kolbenanordnung (40) gebildet sind, wobei zwischen dem Kolben (43) der Zylinder-Kolbenanordnung (40) und der Simulatorfeder (41) ein Kraftübertragungsglied (44) vorgesehen ist, an dem eine Abstützfläche (42) für die Simulatorfeder (41) anliegt.
16. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kolben-Zylinderanordnung (40) sowie das Kraftübertragungsglied (44) gegenüber der

Achse des Bremskraftverstärkers (3) radial versetzt angeordnet sind.

17. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kolben-Zylinderanordnung (40) im Motorraum des Kraftfahrzeuges angeordnet ist.
18. Bremsbetätigungseinheit nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kolben-Zylinderanordnung (40) eine Rückstellfeder (15) aufweist, die das Kraftübertragungsglied (44) gegen die Betätigungsrichtung des Bremspedals (1) vorspannt.
19. Bremsbetätigungseinheit nach einem der Ansprüche 15 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bremskraftverstärker (3) ein pneumatischer Bremskraftverstärker ist, der mindestens einen sich durch sein Verstärkergehäuse hindurch erstreckenden Kraftübertragungsbolzen (45) aufweist, der mit einer Durchgangsbohrung versehen ist, die das Kraftübertragungsglied (44) aufnimmt.
20. Bremsbetätigungseinheit nach einem der Ansprüche 15 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Simulatorfeder (41) als mindestens eine Blattfeder ausgebildet ist.
21. Bremsbetätigungseinheit nach einem der Ansprüche 15 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pedalwegsimulator (2) als mindestens eine Druckfeder (52, 53) ausgebildet ist, die zwischen dem Bremspedal (1) und einem koaxial zum Bremspedal (1) begrenzt drehbar gelagerten Winkelhebel (42) eingespannt ist, der sich am

Kraftübertragungsglied (44) abstützt.

22. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Simulatorfeder (49, 50) in der Zylinder-Kolbenanordnung (40) angeordnet ist und sich am Kolben (43) der Zylinder-Kolbenanordnung (40) abstützt.
23. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Mittel (51) zum Sensieren der Lage des Kolbens (43) vorgesehen ist.
24. Bremsbetätigungseinheit nach einem der Ansprüche 15 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Simulatorfeder von einer Simulatoreinheit (14) aufgenommen wird, die gegenüber der Achse des Bremskraftverstärkers (3) radial versetzt im Fahrgastraum des Fahrzeuges angeordnet ist.
25. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Simulatorfeder () von einer Simulatoreinheit (56) aufgenommen wird, die im Kraftfluss zwischen dem Bremspedal (1) und dem Bremskraftverstärker (3), vorzugsweise coaxial zu diesem angeordnet ist.
26. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Simulatoreinheit (56) als ein hydraulischer Kolben ausgebildet ist und in einem mindestens die Simulatoreinheit (56) radial umgreifenden Bauteil (59) einen absperrbaren hydraulischen Raum (60) bildet.



27. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** der hydraulische Raum (60) an einen der Druckräume des Hauptbremszylinders (4) oder einen dem Hauptbremszylinder (4) zugeordneten Druckmittelvorratsbehälter (5) angeschlossen ist.
28. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** der hydraulische Raum (60) an einen Niederdruckspeicher (65) angeschlossen ist.
29. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil (59) als ein mindestens teilweise den Bremskraftverstärker 3 radial umgreifender Adapter ausgebildet ist, der der Zufuhr der Luft zum Bremskraftverstärker 3 aus dem Motorraum des Fahrzeuges dient.
30. Bremsbetätigungseinheit nach einem der Ansprüche 26 bis 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** der hydraulische Raum (60) mittels eines elektromagnetisch, elektropneumatisch oder pneumatisch betätigbaren Ventils (62, 66, 67) absperrbar ist.
31. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pedalwegsimulator durch einen mittels des Bremspedals (1) betätigbaren hydraulischen Geberzylinder (68) sowie einen dem Geberzylinder (68) nachgeschalteten hydraulischen Nehmerzylinder (69) gebildet ist, dessen Kolben (71) durch die Simulatorfeder (72) vorgespannt ist, wobei der Nehmerzylinder (69) über eine mittels eines Ventils (73) absperrbare Verbindung an einen Niederdruck-

speicher (74) angeschlossen ist.

32. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 31, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pedalwegsimulator in einem mindestens teilweise den Bremskraftverstärker 3 radial umgreifenden Adapter (75) ausgebildet ist, der der Zufuhr der Luft zum Bremskraftverstärker 3 aus dem Motorraum des Fahrzeuges dient.
33. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 31 oder 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mittel (77) zum Sensieren der Lage des Nehmerzylinderkolbens (71) vorgesehen sind.
34. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 31, 32 oder 33, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mittel (76) zum Sensieren des im Nehmerzylinder (69) herrschenden Druckes vorgesehen sind.
35. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pedalwegsimulator durch eine Simulatorfeder (78) gebildet ist, die zwischen dem Bremspedal (1) und einem begrenzt drehbar gelagerten, zweiarmigen Hebel (79) eingespannt ist, dessen erster Arm (80) die Abstützfläche für die Simulatorfeder (78) bildet und dessen zweiter Arm (81) mit einem hydraulischen Kolben (83) einer Kolben-Zylinderanordnung (82) zusammenwirkt, deren Druckraum (84) über eine absperrbare hydraulische Verbindung an einen hydraulischen Niederdruckspeicher (85) angeschlossen ist.

36. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 35, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Arm (80) einen Durchbruch (88) aufweist, der bei einer Betätigung des Bremskraftverstärkers (3) außerhalb der Betriebsart „Brake-by-wire“ zumindest teilweise das Steuergehäuse des Bremskraftverstärkers (3) umgreift.
37. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 35 oder 36, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweiarmige Hebel (79) koaxial mit dem Bremspedal (1) oder gegenüber dem Bremspedal (1) versetzt gelagert ist.
38. Bremsbetätigungseinheit zur Betätigung einer Kraftfahrzeugbremsanlage vom Typ „Brake-by-wire“, die aus
  - a) einem sowohl mittels eines Bremspedals als auch mittels einer elektronischen Steuereinheit fahrerwunschabhängig betätigbaren Bremskraftverstärker, wobei Mittel zur Entkopplung einer kraftübertragenden Verbindung zwischen dem Bremspedal und dem Bremskraftverstärker in der Betriebsart „Brake-by-wire“ vorgesehen sind,
  - b) einem dem Bremskraftverstärker nachgeschalteten Hauptbremszylinder,
  - c) Mitteln zum Erfassen eines Fahrerverzögerungswunsches, sowie
  - d) einem mit dem Bremspedal zusammenwirkenden Pedalwegsimulator besteht, durch den in der Betriebsart „Brake-by-wire“ eine auf das Bremspedal wirkende Rückstellkraft unabhängig von einer Betätigung des Bremskraftverstärkers simulierbar ist und der in der Betriebsart „Brake-by-wire“ bei der Entkopplung der

kraftübertragenden Verbindung zwischen dem Bremspedal und dem Bremskraftverstärker zuschaltbar und außerhalb der Betriebsart „Brake-by-wire“ abschaltbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsensors (2) durch pneumatisch, vorzugsweise durch Unterdruck, betätigbare Mittel erfolgt.

39. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 38, **dadurch gekennzeichnet, dass** die pneumatisch betätigbaren Mittel durch eine im Fahrzeug vorgesehene Unterdruckquelle betätigbar sind.
40. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 38 oder 39, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pedalwegsensor (2) eine bewegliche Simoneinheit (90) aufweist, die mindestens eine Simonefeder (91,92) aufnimmt, wobei die pneumatisch betätigbaren Mittel durch eine in der Simoneinheit (90) ausgebildete Abstützfläche für die Simonefeder (91,92) sowie ein mittels einer Unterdruckdose (98) betätigbares Arretierungselement (97) gebildet sind, das in der Betriebsart „Brake-by-wire“ die Simoneinheit (90) festhält und außerhalb der Betriebsart „Brake-by-wire“ diese freigibt.
41. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 40, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pedalwegsensor (2) im Kraftfluss zwischen dem Bremspedal (1) und dem Bremskraftverstärker (3), vorzugsweise koaxial zu diesem angeordnet ist.

42. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, dass ein zylindrisches Bauteil (90) vorgesehen ist, das mindestens teilweise ein Steuergehäuse des Bremskraftverstärkers (3), das ein pneumatisches Steuerventil enthält, die Simulatoreinheit (90) sowie eine die Simulatoreinheit (90) entgegen ihrer Betätigungsrichtung vorspannende Rückstellfeder (94) aufnimmt.
43. Bremsbetätigungseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Erzeugung einer Hysterese vorgesehen sind.
44. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (19,20,99,100,101) zur Erzeugung der Hysterese derart ausgebildet sind, dass mit steigendem Hub des Pedalwegsimulators (2) zusätzlich zur Kraft der Simulatorfeder (17,18,78) Reibkräfte erzeugt werden, die der am Bremspedal (1) wirkenden Betätigungskraft entgegen wirken.
45. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Erzeugung der Hysterese durch einen mit dem Bremspedal (1) verbundenen Kraftübertragungshebel (99) sowie ein unter der Wirkung der Simulatorfeder (78) am Kraftübertragungshebel (99) anliegendes Reibglied (100) gebildet sind, das mit einer Reibfläche (101) zusammenwirkt.
46. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftübertragungshebel (99) sowie das Reibglied (100) schräge Anlageflächen (105,106) aufweisen, die derart ausgebildet sind, dass bei der Betätigung des Pedalwegsimulators (2) eine

Kraftkomponente entsteht, die das Reibglied (100) an die Reibfläche (101) andrückt.

47. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass das Reibglied (100) an einem Übersetzungshebel (104) angeordnet ist, der derart am Kraftübertragungshebel (99) abgestützt ist, dass eine Verstärkung der bei der Betätigung des Pedalwegsensors (2) entstehenden Kraftkomponente, die das Reibglied (100) an die Reibfläche (101) andrückt, erfolgt.
48. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 45 oder 46, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum Erzeugen der Hysterese in einem Gehäuse (103) angeordnet sind, das koaxial zum Bremspedal (1) auf dessen Drehachse schwenkbar gelagert ist, wobei das Gehäuse (103) einen Arm (102) aufweist, der sich an den Mitteln zum Zu- sowie zum Abschalten des Pedalwegsensors (2) abstützt.
49. Bremsbetätigungseinheit nach einem der Ansprüche 35 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (89,110,95) zur Überprüfung der Beweglichkeit des Kolbens (83) der Kolben-Zylinder-Anordnung (82) vorgesehen sind.
50. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel durch eine zugkraftübertragende Verbindung (89) zwischen dem Bremspedal (1) und dem Bremskraftverstärker (3) sowie eine den Weg des Kolbens (83) erfassende Sensoreinrichtung (95) gebildet sind.

51. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel durch eine Antriebseinheit (110), die eine vom Bremspedal (1) unabhängige Betätigung des Kolbens (83) der Kolben-Zylinder-Anordnung (82) ermöglicht, sowie eine den Weg des Kolbens (83) erfassende Sensoreinrichtung (95) gebildet sind.
52. Bremsbetätigungseinheit nach Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebseinheit (110) als eine elektromechanische oder pneumatische Antriebseinheit ausgebildet ist.
53. Bremsbetätigungseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bremspedal (1) verstellbar angeordnet ist.

### Zusammenfassung

#### **Bremsbetätigungseinheit zur Betätigung einer Kraftfahrzeugbremsanlage**

Die Erfindung betrifft eine Bremsbetätigungseinheit zur Betätigung einer Kraftfahrzeugbremsanlage vom Typ „Brake-by-wire“, die aus

a) einem sowohl mittels eines Bremspedals als auch mittels einer elektronischen Steuereinheit fahrerwunschabhängig betätigbaren Bremskraftverstärker, wobei Mittel zur Entkopplung einer kraftübertragenden Verbindung zwischen dem Bremspedal und dem Bremskraftverstärker in der Betriebsart „Brake-by-wire“ vorgesehen sind,

b) einem dem Bremskraftverstärker nachgeschalteten Hauptbremszylinder,

c) Mitteln zum Erfassen eines Fahrerverzögerungswunsches, sowie  
d) einem mit dem Bremspedal zusammenwirkenden Pedalwegsimulator besteht, durch den in der Betriebsart „Brake-by-wire“ eine auf das Bremspedal wirkende Rückstellkraft unabhängig von einer Betätigung des Bremskraftverstärkers simulierbar ist und der in der Betriebsart „Brake-by-wire“ bei der Entkopplung der kraftübertragenden Verbindung zwischen dem Bremspedal und dem Bremskraftverstärker zuschaltbar und außerhalb der Betriebsart „Brake-by-wire“ abschaltbar ist.

Das Zu- sowie das Abschalten des Pedalwegsimulators (2) erfolgt erfindungsgemäß durch elektromechanische, (22,25), elektrohydraulische (40,47) oder pneumatisch betätigbare Mittel (96 - 98).

(Fig. 1)